

УДК 550.89: 553.98.23(477)

Н.Й. МІСЬКІВ¹, М.Ю. НЕСТЕРЕНКО²

¹ Відділ екологічних досліджень, Львівський комплексний науково-дослідний центр УкрНДІгазу, вул. Стрийська 144, Львів, Україна, 79026, тел. +38(032)2632179, ел. пошта: mis.nadiya@gmail.com

² Відділ розробки газових і нафтових родовищ, Львівський комплексний науково-дослідний центр УкрНДІгазу, вул. Стрийська 144, Львів, Україна, 79026, тел. +38(032)2632179, ел. пошта: blrom@mail.ru

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВИТІСНЕННЯ ПЛАСТОВОЇ ВОДИ ПРОМИСЛОВИМИ СТОКАМИ

Мета. Сьогодні відсутня аргументована методика диференційованого визначення коефіцієнта витіснення пластової води залежно від фільтраційних властивостей порід-колекторів, що є істотним недоліком. Доступні методики нині є або надзвичайно громіздкі і тривалі за часом або не адаптовані для водонасичених пластів, де відбувається гідродинамічне заміщення пластової води промисловими стоками. Метою досліджень є пропонування оригінальних методичних підходів для диференційованого визначення коефіцієнта витіснення пластової води промисловими стоками залежно від фільтраційних властивостей порід - колекторів. **Методика.** На підготовлених відповідно зразках порід, насичених пластовою водою, моделюють процес витіснення пластової води за допомогою центрифугування (капілярні дослідження). За результатами моделювання, графічно визначають числову величину коефіцієнта витіснення пластової води відносно загального об'єму пор. Результати досліджень також дозволяють визначати числову величину коефіцієнта витіснення пластової води відносно загального об'єму пор та кількісне співвідношення в колекторах різних типів вод - вільної, плівкової і залишкової.

Результати. Під час досліджень виявлено, що величина коефіцієнта витіснення пластової води залежить від фільтраційних властивостей поглинальних пластів, коефіцієнта водонасичення та капілярного тиску.

Наукова новизна. Запропонована методика дозволяє диференційовано визначати коефіцієнт гідродинамічного витіснення (заміщення) пластової води промисловими стоками, що сприятиме підвищенню вірогідності в оцінці об'ємів захоронених промислових стоків та об'єктивніше змоделювати гідродинамічну активність цих стоків у поглинальному пласті в процесі їхнього захоронення.

Практична значущість. Практичне застосування значень коефіцієнта витіснення пластової води в нафтогазовій гідрогеології дасть змогу точніше оцінити та змоделювати гідродинамічні процеси, які відбуваються після закачування промислових стоків у поглинальному пласті та сприятиме підвищенню вірогідності в оцінці об'ємів захоронених промислових стоків порівняно з відомою методикою.

Ключові слова: порода-колектор; промислові стоки; залишкове водонасичення; криві капілярного тиску; коефіцієнт витіснення пластової води.

Вступ

Для проектування і спорудження полігонів (пунктів) повернення промислових стоків необхідно знати гідрогеодинамічні параметри поглинальних пластів, серед них такі, як приймальна здатність свердловин, фільтраційно-ємнісні характеристики поглинального пласта та регіональних водотривів, які унеможливають перетоки цих стоків у горизонти, що залягають вище. Це завдання не може бути успішно виконане без глибоких знань геолого-геохімічних особливостей еволюції продуктивних товщ стосовно конкретних нафтогазоносних басейнів та узагальнення і аналізу існуючих методик дослідження пластів [Kotarba, 2011; Kosakowski, 2011; Kosakowski, 2012; Zhong, Wang, Cao, 2013].

На практиці експлуатацію полігонів (пунктів) повернення промислових стоків здійснюють при різних режимах, зокрема режими зі змінним напрямком фільтрації. Останній характерний для полігонів, які діють на підземних сховищах газу (ПСГ), коли на поглинальний пласт можуть впливати значні коливання тиску в основному газонасиченому пласті через циклічний режим експлуатації газосховища.

При закачуванні промислових стоків у поглинальному пласті відбуваються певні процеси гідродинамічної та гідрохімічної активності – можлива їхня взаємодія як з породами-колекторами, так і з пластовими водами. Тобто, відбувається можливе набухання глинистих компонентів породи та витіснення пластової води промисловими стоками, які надходять у ці пласти під час закачування.

У результаті хімічних реакцій можуть утворюватися важкорозчинні сполуки (мінералів), які істотно змінюють фізичні характеристики (пористість, проникність) порід-колекторів, що, своєю чергою, може спричинити кольматацию зон поглинання.

Відомо, що зміна геологічних характеристик (в'язкість безпосередньо залежить від мінералізації) витісненої води і суміші води, що заповнює поглинальний пласт у процесі закачування, призводить до зміни коефіцієнта її витіснення.

Аналіз попередніх досліджень та невирішені аспекти загальної проблеми

Сьогодні відсутня аргументована методика диференційованого визначення коефіцієнта витіс-

нення (β_e) пластової води залежно від фільтраційних властивостей порід-колекторів, що є істотним недоліком. Хоча, на практиці (для моделювання гідродинамічної активності закачаних промислових стоків у поглинальному пласті-колекторі) послуговуються розрахунками, в яких присутні значення коефіцієнта витіснення пластової води (0,7) [Гаев, 1981; Карпюк, 2001; СТО Газпром 18-2005; Пат. 14323, Бюл. № 5, 2006; Севастьянов, Захарова, 2010; Севастьянов, Захарова, 2011], не аргументуючи джерела походження цих значень.

Експериментальними дослідженнями [Соколов, 2003; Соколов, 2006], проведеними для полігонів закачування промислових стоків на ПСГ Росії встановлено, що діапазон зміни коефіцієнтів витіснення води коливається від ~ 45 до 95% . Незрозумілими залишаються питання відносно якого об'єму пор, загального чи ефективного, він приймається.

Для можливого вирішення цієї проблеми можна застосувати відомий спосіб визначення залишкової водонасиченості гірських порід на керновій колонці (моделі пласта) з конкретною пористістю і проникністю, моделюванням витіснення води в термодинамічних умовах залягання колекторів [Пат.3995, Бюл. №6-1, 1994]. Але цей спосіб є надзвичайно громіздкий і потребує безперервного довготривалого проведення експериментів протягом 2–4 діб.

Найближчою за технічним виконанням є експресна методика визначення залишкового водонасичення ($K_{вz}$) гірських порід за допомогою центрифугування водонасичених зразків порід і подальшим отриманням кривих капілярного тиску (ККТ), з яких, за стабілізованим значенням водонасичення, графічно визначають $K_{вz}$ [Нестеренко, 2010]. Проте, вона не адаптована для водонасичених пластів, де відбувається гідродинамічне заміщення пластової води промисловими стоками (супутніми пластовими водами, стічними водами тощо).

Мета

Метою наших досліджень було вдосконалити методику диференційованого визначення коефіцієнта витіснення пластової води промисловими стоками залежно від фільтраційних властивостей порід - колекторів.

Методика досліджень

Завдання виконували послідовним проведенням капіляриметричних досліджень на зразках, насичених різними флюїдами (пластова вода, супутня пластова вода).

Результати досліджень

На зразках порід, підготованих згідно з вимогами нормативних документів [ГОСТ 26450. 0-85; ГОСТ 26450. 1-85; ГОСТ 26450. 2-85; Иванов, 2008], і насичених пластовою водою моделюють процес витіснення пластової води

[ГСТУ 41-00032626-00-025-2000; Нестеренко, 2010; Владика та ін, 2012; Владика и др., 2014]. Під час центрифугування частина пластової води (гравітаційна або вільна) витісняється із зразка під дією відцентрової сили, інша – залишається у поровому просторі. За результатами досліджень будують графік залежності коефіцієнта водонасичення (K_e) від тиску витіснення, з якого до початкової і кінцевої ділянок проводять прямі лінії, а з точки перетину останніх проводять пряму лінію, паралельну до осі K_e до перетину з отриманою ККТ. З точки перетину з останньою на вісь K_e опускають перпендикуляр і визначають числову величину коефіцієнта витіснення пластової води (β_e), як $1 - K_e^*$ відносно загального об'єму пор (рис. 1).

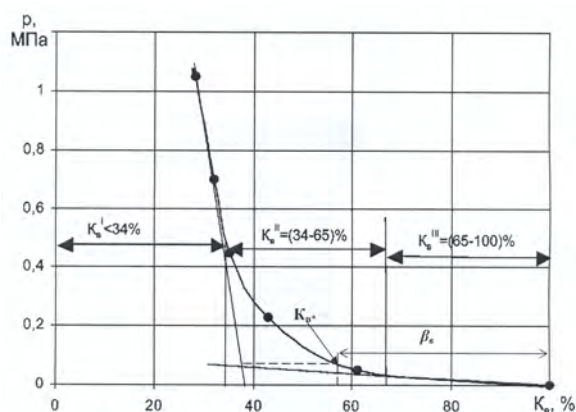


Рис. 1. Типова залежність водонасичення порід-колекторів від тиску витіснення:

вода: $K_{в}^I$ – залишкова; $K_{в}^{II}$ – плівкова; $K_{в}^{III}$ – вільна; β_e – коефіцієнт гідродинамічного (поршневого) витіснення (заміщення) пластової води промисловими стоками

Для переведення β_e до ефективного об'єму пор отримане значення $(1 - K_e^*)$ необхідно помножити на перерахункове співвідношення $1/(1 - K_e^*)$. З отриманої ККТ можна також прослідкувати за кількісним співвідношенням у колекторів різних типів вод – вільної, плівкової і залишкової [Міський, 2013; Пат.85960, Бюл. №23, 2013].

Гравітаційна (вільна) вода знаходиться у порових каналах зазвичай радіусом 10–100 мм і більше, і здатна рухатися під дією гравітаційних сил та передавати гідростатичний тиск.

Процес витіснення плівкової води, яка перебуває у порових каналах зазвичай радіусом 1–10 мм залежить від прикладного градієнту тиску витіснення за певних гідродинамічних умов [Нестеренко, 2010]. Залишкова вода міститься у порових каналах радіусом, зазвичай, менше 1 мм і перебуває в них у фазово-нерухомому стані та не передає пластового тиску.

Слід зауважити, що гідродинамічно фактор геологічного проміжку часу (мільйони років) не підлягає експериментальному моделюванню

процесу заповнення пастки флюїдами, тому доречним є застосування описаної вище методики. Тривалість процесу захоронення промислових стоків у водоносних пластах є мізерною порівняно з зазначеним.

Наукова новизна і практична значущість

Описаний методичний підхід обґрунтовано фактичним збігом коефіцієнтів витіснення флюїдів на моделях пласта і за експрес-методом, що пропонується у роботах [Нестеренко, 2010; Владука, 2013]. Відносне відхилення не перевищує 7,3 %, що є допустимим у розв'язанні прикладних задач у нафтогазопромисловій гідрогеології.

Величина коефіцієнта витіснення (β_e) не є постійною, як це загально прийнято (0,7), а змінюється залежно від фільтраційних властивостей водоносних пластів і особливостей структури порового простору порід-колекторів. Яскравим прикладом зазначеного слугує, до прикладу, експериментальна залежність, отримана для глибокозалегаючих (понад 5000 м) порід-колекторів верхньовізейського ярусу Дніпровсько-Донецької западини (рис. 2), за якою, залежно від прикладеного градієнта тиску витіснення, K_e змінюється від 0,15 до 0,95 при зміні проникності $(0,2-111,5) \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$ [Нестеренко, 2010].

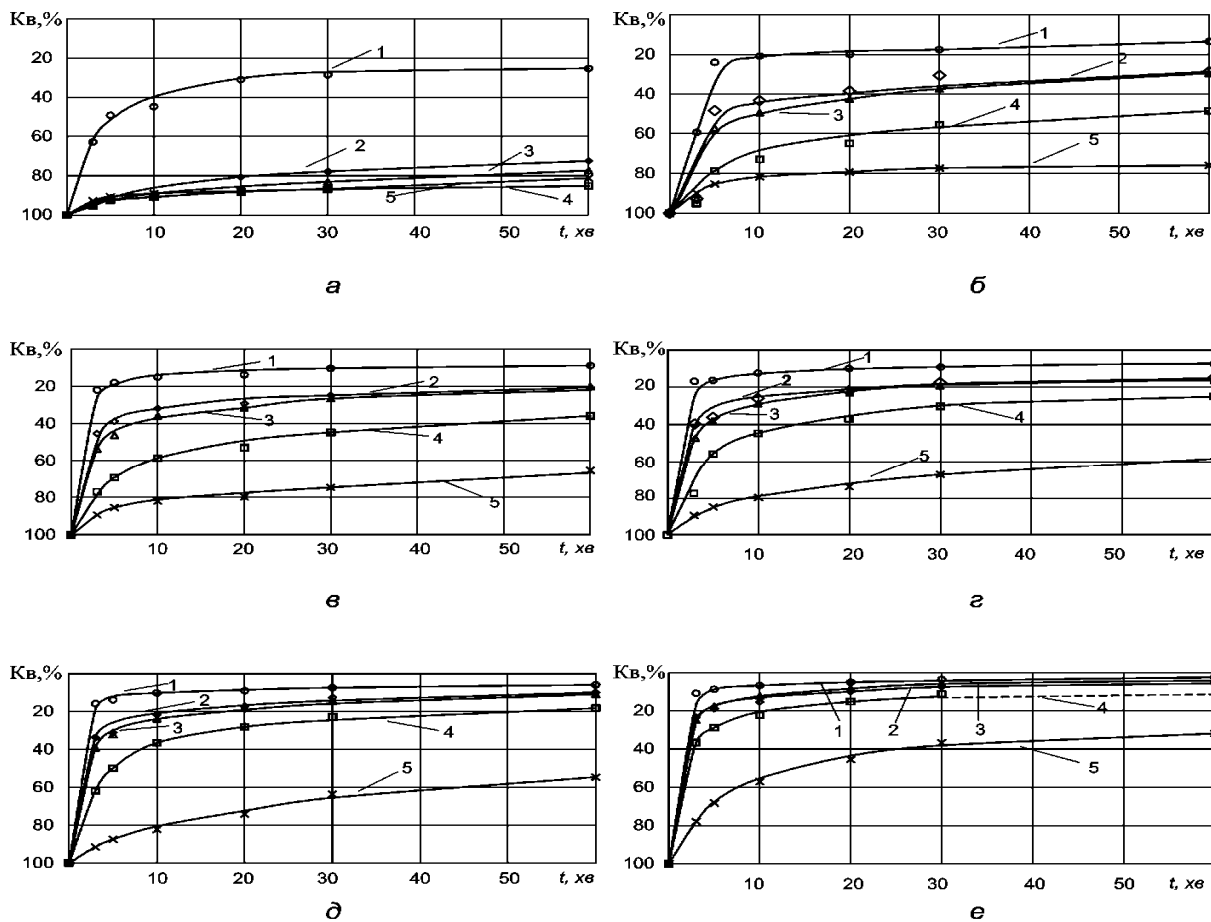


Рис. 2. Залежність стабілізації водонасичення порід-колекторів від градієнта тиску (МПа/м) і часу витіснення:

обертова частота ротора центрифуги (об/хв): а – 0,96, б – 3,83, в – 8,6, г – 15,2, д – 23,9, е – 34,3; шифр кривих відповідає зразкам проникністю 10^{-15} м^2 : 1 – 111,5; 2 – 8,1; 3 – 2,9; 4 – 0,3; 5 – 0,2

Тому, для конкретних геологічних умов залягання водонасичених колекторів рекомендується проводити подібні дослідження за описаною вище схемою.

Висновки і перспектива подальших досліджень

Удосконалена методика дає змогу диференційовано визначити коефіцієнт гідродинамічного витіснення (заміщення) промисловими стоками пластової води, що сприятиме підвищенню вірогідності в оцінці об'ємів захоронених

промислових стоків та об'єктивніше змоделювати гідродинамічну активність цих стоків у поглинальному пласті в процесі їхнього захоронення.

Проведеними дослідженнями з'ясовано, що значення коефіцієнтів витіснення пластової води безпосередньо залежать від фільтраційних характеристик поглинальних пластів, величини водонасичення та градієнта тиску витіснення, тобто співвідношення гідродинамічних і капілярних сил. Від останнього також залежить і кількісне

співвідношення у пластах - колекторах різних типів вод: вільної, пливкової і залишкової.

Диференційоване визначення значень коефіцієнта витіснення пластової води та його практичне застосування в нафтогазовій геології та гідрогеології, дозволить точніше оцінити та змодельовати гідродинамічні процеси, які відбуваються після закачування промстоків у поглинальному пласті.

Література

- Владика В.М., Нестеренко М.Ю., Крива І.Г., Балацький Р.С. Порівняльна оцінка газовіддавальних властивостей порід-колекторів в різних геологічних умовах формування // Геодинаміка. – 2012. – № 2 (13). – С. 66–69.
- Владыка В.Н., Нестеренко Н.Ю., Балацкий Р.С. Газоотдающие свойства пород-коллекторов в различных геологических условиях осадконакопления // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2014. – Т.9. – №1. – С. 1–8. Режим доступа: http://www.ngtp.ru/rub/4/3_2014.pdf/ – Загл. с экрана.
- Гаев А.Я. Подземное захоронение сточных вод на предприятиях газовой промышленности / А.Я. Гаев. – Л.: Недра, 1981. – 166 с.
- ГОСТ 26450.0-85. Породы горные. Методы определения коллекторских свойств. – Введ. 1985-02-27. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 12 с.
- ГОСТ 26450.1-85. Породы горные. Метод определения коэффициента открытой пористости жидкостенасыщением. – Введ. 1985-02-27. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 8 с.
- ГОСТ 26450.2-85. Породы горные. Метод определения коэффициента абсолютной газопроницаемости при стационарной и нестационарной фильтрации. – Введ. 1985-02-27. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 16 с.
- ГСТУ 41-00032626-00-025-2000. Визначення залишкового водонасичення гірських порід. Методика виконання вимірювань методом центрифугування зразків; надано чинності 2000-12-27. – К.: Мінекоресурсів України, 2001. – 19 с.
- Карпюк Е.Ф. Подземное захоронение промышленных стоков углеводородных месторождений в Тимано-Печорской провинции: состояние и перспективы. [Электронный ресурс] / Е.Ф. Карпюк // Вестник ТО РЭА. М.: – 2001. – №1–2. – С. 18–22. Режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/> – Загл. с экрана.
- Міський Н.Й. Методика диференційованого визначення коефіцієнта витіснення пластової води промисловими стоками / Н.Й. Міський // Нафтогазова геофізика – нетрадиційні ресурси (20.05-24.05.2013): тез. III міжнар. наук.-практ. конф. / НАН України та ін., Івано-Франк. нац. техн. ун-т нафти і газу. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2013. – С. 145–148.
- Нестеренко М. Ю. Петрофізичні основи обґрунтування флюїдонасичення порід-колекторів. – К.: УкрДГРІ, 2010. – 224 с.
- Пат. 3995, Україна, МПК E21B 47/10. Спосіб визначення залишкової водонасиченості гірських порід / Губанов Ю.С., Нестеренко М.Ю., Сказко Є.Й. (Україна); заявник та патентовласник Український державний геолого-розвідувальний інститут. – № 4871519/03; заявл. 08.10.90; опубл. 27.12.94; Бюл. № 6–1. – 5 с.
- Пат. 14323, Україна, МПК E21B 47/10. Спосіб моніторингу за поверненням супутньо-пластових вод (Холодкова Л.А., Павлов С.Д., Тердовідов А.С., Чоловський І.Г., Солдатов Є.В. (Україна); заявник та патентовласник Український науково-дослідний інститут природних газів. – № u 200510373; заявл. 03.11.05; опубл. 15.05.06; Бюл. №5. – 4 с.
- Пат. 85960, Україна, МПК E21B 47/10. Процес визначення коефіцієнта витіснення пластової води промстоками (Міський Н.Й., Владика В.М., Нестеренко М.Ю. (Україна); заявник та патентовласник Український науково-дослідний інститут природних газів. – № u 201306566; заявл. 27.05.13; опубл. 10.12.13; Бюл. №23. – 3 с.
- Петрофизические методы исследования kernового материала. Учебное пособие в 2-х книгах. Кн. 2: Лабораторные методы петрофизических исследований kernового материала / М.К. Иванов, Г.А. Калмыков, В.С. Белохин, Д.В. Корост, Р.А. Хамидуллин. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2008. – 113 с. Режим доступа: http://oilmsu.ru/All_images/book/book_2.pdf. – Загл. с экрана.
- Севастьянов О.М., Захарова Е.Е. Подземное захоронение жидких производственных отходов нефтегазовой отрасли России [Электронный ресурс] / О.М. Севастьянов, Е.Е. Захарова // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2011. Т.6. – №1. – 21 с. Режим доступа: <http://www.ngtp.ru/>. – Загл. с экрана.
- Севастьянов О.М. Геологический прогноз и перспективы подземного захоронения промстоков предприятий нефтегазовой отрасли Восточной Сибири и Дальнего Востока / О.М. Севастьянов // Нефтегазогеологический прогноз и перспективы развития нефтегазового комплекса Востока России. – сб. матер. науч.-практ. конф. (22–26 ноября 2010 г. ВНИГРИ, Санкт-Петербург). – СПб.: ВНИГРИ, 2010. – С. 416–420.
- Соколов А.Ф. Закачка промстоков в водоносный пласт: обоснование методики экспериментальных исследований [Электронный ресурс] / А.Ф. Соколов // Сб. науч. трудов. “Экология и промышленная безопасность”. – М., 2003. – Вып. 1. – С. 203–220. Режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/> – Загл. с экрана.

- Соколов А.Ф. Методы экспериментальных исследований при контроле ареала захоронения промстоков на подземных хранилищах газа [Электронный ресурс] // А.Ф. Соколов // Научно-технический журнал “Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе”. – М., 2003. – № 6. – С. 25–33. Режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/> – Загл. с экрана.
- Соколов А. Ф. Обоснование гидродинамических условий захоронения жидких отходов при добыче и подземном хранении газа: автореф. дисс... канд. техн. наук: 25.00.17 [Электронный ресурс] / Соколов А.Ф.; Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – ВНИИГАЗ. – М., 2006. – 27 с. Режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/> – Загл. с экрана.
- СТО Газпром 18-2005. Гидрогеологический контроль на специализированных полигонах размещения производства в газовой отрасли. – На смену РД 51-31323949-48-2000. – Введ. 2006-01-01 – М: ООО “ИРЦ “ГАЗПРОМ”. – 2005. – 85 с. Режим доступа: http://www.znaytovar.ru/gost/2/STO_Gazprom_182005_Gidrogeoeoko.html. Загл. с экрана.
- Kosakowski P. 1-D modeling of the hydrocarbon generation history of the Jurassic source rocks in the Tarnograd –Stryi area (SE Poland –western Ukraine) / P. Kosakowski, M. Wrobel, Yu. Koltun // *Annales Societatis Geologorum Poloniae*. – 2011. – V.81. – P. 473–485.
- Kosakowski P. Assessment of hydrocarbon potential of Jurassic and Cretaceous source rocks in the Tarnograd–Stryi area (SE Poland and W Ukraine) / P. Kosakowski, D. Wieclaw, A. Kowalski, Yu. Koltun // *Geologica Carpathica*. – 2012. – V. 63/4. – P. 319–333.
- Kotarba M.J. Evaluation of hydrocarbon potential of the autochthonous Miocene strata in the NW part of the Ukrainian Carpathian Foredeep / M.J. Kotarba, D. Wieclaw, P. Kosakowski, Yu. Koltun, A. Kowalski // *Annales Societatis Geologorum Poloniae*. – 2011. – V. 81. – P. 395–407.
- Vladyka V. Trends of changing reservoir properties of Sarmatian stage rocks at the northwestern part of Bilche-Volytsia zone in different facial terms of sedimentation / Vladyka V., Push A., Nesterenko M., Balatskyi R. // 2013. – The oil and gas industry of Ukraine. – Vol. 5. – P. 11–14.
- Zhong H. The study on increase low permeability reservoir adsorption ability with nano-polymerisation emulsion / H. Zhong, Z. Wang, E. Cao // *Int. J. of Oil, Gas and Coal Technology*, 2013, Vol.6, No. 5. – pp. 507–516.

Н.И. МИСЬКИВ¹, Н.Ю. НЕСТЕРЕНКО²

¹ Одел екологічних досліджень Львівського комплексного науково-дослідницького центру УкрНИИгаза, Львів, ул. Стрийська 144, Львів, Україна, 79026, тел. +38(032)2632179, ел. пошта: mis.nadiya@gmail.com

² Одел разработки газовых и нефтяных месторождений Львівського комплексного науково-дослідницького центра УкрНИИгаза, Львів, ул. Стрийська 144, Львів, Україна, 79026, тел. +38(032)2632179, ел. пошта: blrom@mail.ru

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ВЫТЕСНЕНИЯ ПЛАСТОВОЙ ВОДЫ ПРОМЫШЛЕННЫМИ СТОКАМИ

Цель. Актуальной проблемой является предложение оригинальной методики для дифференцированного определения коэффициента вытеснения пластовой воды промышленными стоками в зависимости от фильтрационных характеристик пород-коллекторов. На сегодня отсутствует аргументированная методика дифференцированного определения коэффициента вытеснения пластовой воды в зависимости от фильтрационных свойств пород-коллекторов, что является существенным недостатком. Доступные методики в настоящее время являются или чрезвычайно громоздки и длительны по времени или не адаптированы для водонасыщенных пластов, где происходит гидродинамическое замещение пластовой воды промышленными стоками. **Методика.** В течение последних лет, для моделирования гидродинамической активности закачанных промышленных стоков в поглощающих горизонтах, предлагают учитывать коэффициент вытеснения пластовой воды. Хотя непонятным остается вопрос, относительно какого объема пор, общего или эффективного, он вычисляется. Нами предложены капиллярметрические исследования, которые позволяют на подготовленных соответственно образцах пород, насыщенных пластовой водой, смоделировать процесс вытеснения пластовой воды путем центрифугирования. Результаты исследований также позволяют определять числовую величину коэффициента вытеснения пластовой воды относительно общего объема пор и количественное соотношение в коллекторах различных типов вод – свободной, пленочной и остаточной. **Результаты.** В процессе исследований выявлено, что значения коэффициента вытеснения пластовой воды зависят от фильтрационных характеристик пород, коэффициента водонасыщения и капиллярного давления. **Научная новизна.** Предложены технологические схемы дифференцированного подхода к определению

коэффициента гидродинамического замещения пластовых вод промышленными стоками, которые позволят более объективно смоделировать гидродинамическую активность этих стоков в поглощающем пласте. **Практическая значимость.** Практическое применение значений коэффициента вытеснения пластовой воды в нефтегазовой гидрогеологии позволит более точно оценить и смоделировать гидродинамические процессы, которые происходят после закачки промышленных стоков в поглощающих пластах и с большей вероятностью помогут оценить объемы стоков, что подлежат захоронению.

Ключевые слова: порода-коллектор; промышленные стоки; остаточное водонасыщение; капиллярное давление; коэффициент вытеснения пластовой воды.

N.YO. MISKIV¹, M.YU. NESTERENKO²

¹ Department of ecological research Lviv complex scientific-research center of Ukrainian scientific-research Institute of natural gases, Lviv, Stryiska street 144, Lviv, Ukraine, 79026, phone +38(032)2632179, email: mis.nadiya@gmail.com

² Department of development of gas and oil fields Lviv complex scientific-research center of Ukrainian scientific-research Institute of natural gases, Lviv, Stryiska street 144, Lviv, Ukraine, 79026, phone +38(032)2632179, email: blrom@mail.ru

IMPROVEMENT OF METHOD OF THE DIFFERENTIATED DETERMINATION OF COEFFICIENT OF EXPULSION OF ATTANDAND WATER BY INDUSTRIAL FLOWS

Purpose. The actual problem is the proposal of original methods for differentiated determination of the coefficient of displacement of produced water industrial waste depending on the filtration characteristics of the reservoir rocks. Today no reasoned differentiated methodology of determination of the coefficient of displacement of produced water depending on filtration properties of reservoir rocks, which is a significant drawback. Available methods currently are, or extremely cumbersome and time-consuming or not adapted for saturated reservoirs, where hydrodynamic substitution of produced water by industrial effluents. **Methodology.** In recent years, for modeling of hydrodynamic activity uploaded industrial effluents in the absorbing horizons, offer to take into account the displacement coefficient of produced water. Although the question remains unclear as to which of pore volume, total or effective, it is calculated. We proposed copilareasca of research that allows for prepared accordingly samples of rocks saturated with formation water, to simulate the process of displacement of produced water by centrifugation. The research results allow to determine the numerical value of the coefficient of displacement of water reservoir relative to the total pore volume and proportion in reservoirs of various types of water - free, film and residual. **Results.** In the research revealed that the values of the coefficient of displacement of produced water depend on the filtration characteristics of the rocks, the coefficient for water saturation and capillary pressure. **Originality.** Proposed technological scheme differentiated approach to the determination of the coefficient of hydrodynamic substitution of formation waters by industrial effluents, which give more possibilities to model the hydrodynamic activity of such wastes in absorbing layer. **The practical significance.** Practical application of the values of the coefficient of displacement of formation water at oil and gas hydrogeology will more accurately assess and model the hydrodynamic processes that occur after the injection of industrial wastewater in absorbing layers and more likely to help assess the volumes of wastewater that it should be buried.

Keywords: rock-collector; industrial waste; residual water saturation; capillary pressure; the rate of displacement of attandad water.

REFERENCES

- Vladyka V.M., Nesterenko M.Yu., Kryva I.H., Balats'kyy R.S. *Porivnyal'na otsinka hazoviddaval'nykh vlastyivostey porid-kolektoriv v riznykh heolohichnykh umovakh formuvannya* [Comparative evaluation gas properties of reservoir rocks in various geological conditions of formation] // *Heodynamika*. – 2012. – № 2 (13). – P. 66–69.
- Vladyka V.N., Nesterenko N.Yu., Balatskiy R.S. *Gazootdayushchie svoystva porod-kollektorov v razlichnykh geologicheskikh usloviyakh osadkonakopleniya* [Gasgiving properties of reservoir rocks in various geological conditions of sedimentation] // *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika* [Oil and gas Geology. Theory and practice]. 2014. – Vol.9. – No. 4. – P. 1–8. Available at: – http://www.ngtp.ru/rub//4/3_2014.pdf
- Gaev A.Ja. *Podzemnoe zahoronenie stochnykh vod na predpriyatiykh gazovoy promyshlennosti*. [Underground disposal of waste water at enterprises of gas industry], Leningrad, Nedra Publ., 1981. – 166 p.
- GOST 26450.0-85. Porody gornye. Metody opredeleniya kollektorskiykh svoystv* [State Standard 26450.0-85. Rocks. Methods for determination of reservoir properties], Moscow, Standartinform Publ., 1985. – 12 p.

- GOST 26450.1-85. Porody gornye. Metod opredelenija koeficienta otkrytoj poristosti zhidkostenasyshheniem.* [State Standard 26450.1-85. Rocks. Method of determination of the coefficient of open porosity saturation of the liquid], Moscow, Standartinform Publ., 1985. – 8 p.
- GOST 26450.2-85. Porody gornye. Metod opredelenija koeficienta absoljutnoj gazopronicaemosti pri stacionarnoj i nestacionarnoj fil'tracii.* [State Standard 26450.2-85. Rocks. Method of determination of the coefficient of absolute gas permeability in stationary and non-stationary filtration], Moscow, Standartinform Publ., 1985. – 16 p.
- DSTU 41-00032626-00-025-2000. Vyznachennya zalyshkovoho vodonasychnennya hirs'kykh porid. Metodyka vykonannya vymiryuvan' metodom tsentryfuhuvannya zrazkiv.* [State Standard 41-00032626-00-2000. Determination of residual water saturation of rocks. The method of measurement of the method of centrifugation of the samples], Kyiv Minekoresursiv Ukrainy Publ, 2001. – 19 p.
- Karpjuk E.F. *Podzemnoe zahoronenie promyslovykh stokov uglevodorodnykh mestorozhdenij v Timano-Pechorskoj provincii: sostojanie i perspektivy.* [Underground burial of field drains hydrocarbon fields in the Timan-Pechora basin: status and perspectives.] /Vestnik [Herald of THE Russian Academy of Economics]. M., 2001. – No. 1–2. – P. 18–22: Available at: <http://www.dissercat.com/content/> - (Accessed 18 June 2014).
- Mis'kiv N.Yo. *Metodyka dyferentsiyovanoho vyznachennya koefitsiyenta vytisnennya plastovoyi vody promyslovymy stokamy* [Differentiated methodology of determination of the coefficient of displacement of produced water industrial waste]. *Tezy III mizhnarodnoyi naukovopraktichnoji konferentsii "Naftohazova heofizyka – netradytsiyni resursy (20.05-24.05.2013)"* [Proc. of the 3rd Int. Scientific and Practical Conf. "Oil and gas Geophysics - unconventional resources "]. Ivano-Frankivs'k, 2013. – pp. 145–148.
- Nesterenko M. Yu. *Petrofizychni osnovy obgruntuvannya flyuyidonasychnennya porid-kolektoriv.* [Petrophysical fundamentals justify fludarabine of reservoir rocks]. Kyiv, UkrDHRI Publ, 2010. – 224 p.
- Hubanov Yu.S., Nesterenko M.Yu., Skazko Ye.Y. *Sposib vyznachennya zalyshkovoyi vodonasychnosti hirs'kykh porid* [Method for determination of residual madonasexiest rocks] Patent UA, no. u 4871519/03, 1994.
- Kholodkova L.A., Pavlov S.D., Terdovidov A.S., Cholovskij I.G, Soldatov Ye. V. *Sposib monitoryngu za povnennnyam suputnio-plastovykh vod.* [Method of monitoring the return of associated formation water]. Patent UA, no. u 200510373, 2006.
- Mis'kiv N.Yo, Nesterenko M.Yu, Vladyka V.M. *Protses vyznachennya koefitsiyenta vytisnennya plastovoyi vody promstokamy* [The process of determining the coefficient of displacement of produced water industrial]. Patent UA, no. u 201306566, 2013.
- Ivanov M.K., Kalmykov G.A., Belochin V.S., Korost D.V, Hamidulin R.A. *Petrofizicheskie metody issledovaniya kernovogo materiala. Uchebnoe posobie v 2-h knigah. Kn. 2: Laboratornye metody petrofizicheskikh issledovaniy kernovogo materiala* [Petrophysical methods of research of core material. Laboratory methods petrophysical studies of core samples], M., Moscow University Publ., 2008. 113 p. Available at: http://oilmsu.ru/All_images/book/book_2.pdf. - (Accessed 18 June 2014).
- Sevast'janov O.M., Zaharova E.E. *Podzemnoe zahoronenie zhidkih proizvodstvennykh othodov neftegazovoj otrasli Rossii* [Underground disposal of liquid industrial waste oil and gas industry of Russia]. *Neftegazovaja geologija. Teorija i praktika* [Oil and gas Geology. Theory and practice]. – 2011. Vol. 6. – No. 1. – P. 21. Available at: <http://www.ngtp.ru/>. (Accessed 20 May 2014).
- Sokolov A.F. *Zakachka promstokov v vodonosnyj plast: obosnovanie metodiki jeksperimental'nykh issledovaniyu* [Injection of industrial wastewater to aquifer: justification of methodology of experimental research]. *Ekologija i promyshlennaja bezopasnost'* – [Ecology and industrial safety]. 2003. issue 1. pp. 203–220. Available at: <http://www.dissercat.com/content/> (Accessed 20 May 2014).
- Sokolov A.F. *Metody jeksperimental'nykh issledovaniy pri kontrole areala zahoroneniya promstokov na podzemnykh hranilishhah gaza* [Methods of experimental researches under the control of the area waste water disposal site on underground gas storage]. *Zashhita okruzhajushhej sredy v neftegazovom komplekse –* [Environmental protection in the oil and gas complex]. 2003. No 6. pp. 25–33. Available at: <http://www.dissercat.com/content/> (Accessed 20 May 2014).
- Sokolov A. F. *Obosnovanie gidrodinamicheskikh uslovij zahoroneniya zhidkih othodov pri dobyche i podzemnom hranenii gaza.* Avtoreferat Diss. kand. [Rationale hydrodynamic conditions disposal of liquid wastes in mining and underground storage of gas]. Moscow, 2006. 27 p. Available at: <http://www.dissercat.com/content/> (Accessed 20 May 2014).
- RD 51-31323949-48-2000. Hidrogeologicheskij kontrol' na poligonah zakachki promyshlennykh stochnykh vod. Metodicheskoe rukovodstvo.* [State Standard 51-31323949-48-2000. Hydrogeological control at the sites of injection of industrial wastewater. Methodological guidance], Moscow, GAZPROM Publ., 2000. 84 p.

- STO Gazprom 18-2005. Gidrogeologicheskij kontrol' na specializirovannyh poligonah razmeshhenija proizvodstva v gazovoj otrasli.* [State Standard 18-2005. Hydrogeological monitoring on specialized landfills locate production in the gas industry], Moscow, GAZPROM Publ., 2005. 85 p. Available at: http://www.znaytovar.ru/gost/2/STO_Gazprom_182005_Gidrogeoeko.html (Accessed 20 May 2014).
- Vladyka V., Push A., Nesterenko M., Balatskyi R. *Trends of changing reservoir properties of Sarmatian stage rocks at the northwestern part of Bilche-Volytsia zone in different facial terms of sedimentation.* 2013 The oil and gas industry of Ukraine. – Vol. 5. – P. 11–14.
- Kosakowski P. *1-D modeling of the hydrocarbon generation history of the Jurassic source rocks in the Tarnograd – Stryi area (SE Poland – western Ukraine)* / P.Kosakowski, M.Wrobel, Yu.Koltun // *Annales Societatis Geologorum Poloniae.* – 2011. – V. 81. – P. 473–485.
- Kosakowski P. *Assessment of hydrocarbon potential of Jurassic and Cretaceous source rocks in the Tarnograd–Stryi area (SE Poland and W Ukraine)* / P. Kosakowski, D. Wieclaw, A. Kowalski, Yu. Koltun // *Geologica Carpathica.* – 2012. – V.63/4. – P. 319–333.
- Kotarba M.J. *Evaluation of hydrocarbon potential of the autochthonous Miocene strata in the NW part of the Ukrainian Carpathian Foredeep* / M.J. Kotarba, D. Wieclaw, P. Kosakowski, Yu. Koltun, A. Kowalski // *Annales Societatis Geologorum Poloniae.* – 2011. – V. 81. – P. 395–407.
- Zhong H. *The study on increase low permeability reservoir adsorption ability with nano-polymerisation emulsion* / H. Zhong, Z. Wang, E. Cao // *Int. J. of Oil, Gas and Coal Technology,* 2013 Vol.6, No.5, pp.507–516. Access Mode: DOI: 10.1504/IJOGCT.2013.05619.

Статтю рекомендував до друку д-р геол. наук, І.М. Наумко (Україна).

Надійшла 12.12.2013 р.